

УДК 621.384

DOI: 10.17223/00213411/63/10/124

А.Г. НИКОЛАЕВ¹, Е.М. ОКС^{1,2}, В.П. ФРОЛОВА^{1,2}, Г.Ю. ЮШКОВ¹

ГЕНЕРАЦИЯ СУБМИЛЛИСЕКУНДНЫХ ПУЧКОВ ИОНОВ ДЕЙТЕРИЯ НА ОСНОВЕ ВАКУУМНОЙ ДУГИ С ГАЗОНАСЫЩЕННЫМ ЦИРКОНИЕВЫМ КАТОДОМ *

Вакуумный дуговой разряд с катодом из циркония, насыщенного дейтерием, применяется для получения плазмы дейтерия в исследованиях термоядерных реакций, а также для генерации пучков ионов дейтерия для задач ускорительной техники. Представлены результаты исследований ионно-эмиссионных свойств вакуумного дугового разряда длительностью сотни микросекунд с дейтерированным катодом, его параметров, ответственных за формирование ионного пучка, таких, как угловое, пространственное и энергетическое распределение ионов, генерация на основе такого разряда широкоапертурного пучка ионов дейтерия и экспериментальное исследование параметров пучка. Показано, что при определенных условиях доля ионов дейтерия в ионном пучке может более чем в 2 раза превышать процентное содержание атомов дейтерия в составе катода, достигая 60 %.

Ключевые слова: вакуумный дуговой разряд, плазма, газонасыщенный катод, дейтерий, ионный пучок.

Введение

Вакуумный дуговой разряд [1, 2] широко используется в целом ряде приборов и устройств [3], в том числе для генерации пучков ионов в вакуумных дуговых ионных источниках [4], применяемых, в основном, в качестве инжекторов в синхротроны [5] или для ионной имплантации поверхности ионами с энергией десятки – сотни килоэлектронвольт [6]. При использовании многоэлементных катодов в таких источниках возможно получение многокомпонентных ионных пучков, состоящих из нескольких элементов [7, 8], что существенно расширяет технологические возможности ионных источников. Так были получены гибридные пучки ионов двух или более металлов [8, 9], пучки, имеющие в своем составе ионы неметаллов [10–12], например, при использовании катодов из гексаборида лантана или карбида бора [11, 13]. Генерация пучков, содержащих ионы газа, в таких источниках осуществляется двумя основными методами: при повышении давления в разрядном промежутке за счет напуска рабочего газа в катодную область [14] или при использовании катода вакуумной дуги, насыщенного газом [12]. Последний метод имеет принципиальную особенность – не требует дополнительного напуска газа в разрядный промежуток и тем самым обеспечивает высокую электрическую прочность ускоряющего промежутка в ионном источнике.

Ранее нами была показана возможность эффективной генерации ионов дейтерия в плазме квазистационарной вакуумной дуги с током порядка сотен ампер и длительностью импульса в субмиллисекундном диапазоне [15], а также в сильноточной (килоамперный диапазон токов) вакуумной дуге длительностью до 20 мкс [16]. В последнем случае доля ионов изотопов водорода в плазме дуги может существенно (более чем в 2 раза) превышать их относительную долю, содержащуюся в материале катода, достигая 86 %.

Цель настоящей работы – исследование ионно-эмиссионных свойств вакуумного дугового разряда с субмиллисекундной длительностью импульса с дейтерированным катодом, его параметров, ответственных за формирование ионного пучка, и генерации на основе такого разряда широкоапертурного пучка ионов дейтерия.

Методика и техника эксперимента

Исследования параметров дугового разряда и процессов генерации ионов дейтерия, представленные в настоящей работе, проводились на вакуумном дуговом источнике ионов [17] со специально разработанным катодным узлом с катодом из дейтерида циркония (рис. 1). Катод 1 представлял собой диск из дейтерированного циркония диаметром 23 мм и толщиной 1.8 мм. В центре катода имелось отверстие диаметром 9 мм, в котором размещался узел инициирующего разряда, состоящий из изолятора поджигающего разряда 2 – керамической трубки с внешним диамет-

* Работа поддержана РФФИ в рамках проекта № 18-08-00182-а.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>